

Необходимо учитывать, что тарифы на электроэнергию растут, а стоимость светодиодных светильников и солнечных панелей снижается с каждым годом.

Таким образом, переход на светодиодное освещение в масштабах учебного корпуса университета с использованием фотоэлектрических преобразователей является перспективным и окупится с учетом роста тарифов на электроэнергию, в течение 3,5...4 лет.

Библиографический список

1. Андреева Т.А., Банных С.М., Велькин В.И. Техничко-экономический анализ замены люминесцентного освещения на светодиодное с использованием солнечных ФЭП //Энерго- и ресурсосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Сборник материалов научно-практической конференции. 2010.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ РОТОРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПУСКОВЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПАРОВЫХ ТУРБИН

*Смирнов А.А., Голошумова В.Н.
УрФУ, aasmir86@yandex.ru*

Известно, что все вновь строящиеся и модернизируемые энергоблоки паротурбинных установок должны оснащаться автоматизированными системами управления. На сегодняшний день в нашей стране объем автоматизации для большинства энергоблоков ограничивается традиционным набором защит и блокировок, стабилизирующих систем регулирования и схем автоматического включения резервирующего оборудования. При этом уровень разработок в области автоматизации переходных режимов работы паровых турбин за редким исключением ограничен созданием шаговых программ пуска, спроектированных по пусковым инструкциям и не проводящих оценку текущего теплового состояния ротора турбины.

Возможность автоматического управления пусковыми (остановочными) режимами турбин по уровню температурных напряжений в критических элементах конструкции приводит к существенному сокращению времени переходных режимов вследствие того, что нагрузки (снижения мощности) возможно с максимальной скоростью при обеспечении необходимого уровня надежности всего оборудования ПТУ.

Для паровых турбин на сверхкритические параметры пара критическими элементами, ограничивающими скорость пуска турбин по уровню температурных напряжений, в большинстве случаев являются роторы высокого или среднего давления в зоне паровпуска. При этом непосредственное термометрирование роторов крайне затруднительно, что определяет необходимость разработки их математических моделей.

В настоящей работе представлена разработанная авторами динамическая модель термонапряженного состояния области регулирующей ступени паровой турбины, физико-математической основой которой является решение задачи нестационарной теплопроводности методом конечных элементов (МКЭ) в реальном времени на ограниченных вычислительных ресурсах. Традиционным решением данной задачи является построение аналитических моделей ротора

(например, на основе преобразования Лапласа), к достоинствам которого можно отнести простоту реализации, но которое возможно лишь при условии ряда существенных допущений, влияющих на точность и достоверность результата.

Подход, основанный на применении МКЭ, имеет, по мнению авторов, ряд существенных преимуществ, обусловленных в основном особенностями самого метода:

- Возможность моделирования с учетом реальной геометрической формы объекта, нелинейных свойств материала, а также сложных граничных условий.
- Получение на выходе модели комплексной информации о температурном поле объекта.
- Высокая степень автоматизации и унификации при проектировании и верификации модели ротора.
- Относительная простота встраивания модели в существующие контуры АСУ ТП энергоблоком.

В качестве инструмента для реализации модели был выбран программный пакет MATLAB, включающий надстройку PDE Toolbox для решения задач математической физики с помощью МКЭ. Основным достоинством пакета является открытый, качественно документированный исходный код. Кроме того, можно отметить наличие мощного высокоуровневого языка математического программирования, а также возможность генерации исходного кода на языке «С» и кроссплатформенной компиляции приложений под архитектуры некоторых распространенных контроллеров.

В качестве генератора расчетной сетки использован конечно-элементный комплекс ANSYS, качественные показатели которого по данному критерию превосходят генератор PDE Toolbox. Для импорта полученной сетки в MATLAB авторами разработаны специализированные программные средства.

В программе PDE Toolbox для решения нестационарной задачи применяется метод «линий», при котором для решения жесткой системы дифференциальных уравнений используется универсальный специализированный пакет ode15s, встроенный в систему MATLAB. Данный пакет построен на основе метода NDF (Numerical Differentiation Formulas) и обеспечивает точность интегрирования до пятого порядка. Однако, более перспективным с точки зрения простоты реализации, требуемой точности, а также быстродействия, является безытерационный метод, используемый в ANSYS. Метод обеспечивает интегрирование со вторым порядком точности по схеме Кранка-Николсона, что для данной задачи в полной мере удовлетворяет требованиям, предъявляемым к точности инженерных расчетов. Однако без использования итераций решение может быть получено лишь для линейной модели, не учитывающей зависимость свойств материала от температуры. Оценка показала, что наибольшая по времени, средняя по узлам сетки разность температуры для решений, полученных для постоянных свойств материала и свойств, заданных в виде функциональных зависимостей от температуры, не превосходит 4 %.

Кроме того, при использовании прямого метода имеется возможность точной оценки необходимой производительности вычислителя и, следовательно, более качественного выбора элементной базы для реализации устройства.

Верификация полученной упрощенной модели ротора проведена на базе полной модели по объему всего ротора, построенной в комплексе ANSYS, заменяющей его экспериментальное термометрирование.

Выполненная в рамках исследования оценка показала, что для обеспечения высокой степени соответствия решению данной задачи, полученному с автоматическим выбором шага по времени для области регулирующей ступени турбины Т-110/120-130, достаточно моделирования с постоянным шагом по времени, равным 30 с. С учетом современного уровня развития цифровой вычислительной техники, полученное значение указывает на то, что критической характеристикой при выборе элементной базы устройства является объем оперативной памяти, а не производительность процессора. Принимая во внимание средний показатель тепловой инерционности штатных хромель-копелевых термопар, равный 8 сек, полученный шаг по времени может быть уменьшен до соответствующего значения.

Метод предполагается реализовать в микропроцессорном устройстве, предназначенном для встраивания в АСУ ТП энергоблока. Для апробирования метода ранее разработано и верифицировано устройство на базе микроконтроллера для моделирования процесса остывания ротора по методу тепловых балансов [1].

Библиографический список

1. Голошумова В.Н., Смирнов А.А. Контроль предпускового температурного состояния ротора паровой турбины // Тяжелое машиностроение. 2011. № 3. С. 40-43

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

Столяров С.В.

Самарский государственный технический университет

Contex88@mail.ru

Наиболее перспективным методом снижения потерь теплоты с уходящими дымовыми газами является контактный теплообмен, так как он позволяет использовать высшую теплоту сгорания топлива. Этот метод широко применяется в теплоэнергетике высоких и средних температур. В ходе предварительного обзора патентно-информационной литературы было установлено, что данный метод имеет большие перспективы применения в составе водогрейных котлов с низкой температурой отходящих дымовых газов (около 130...150 °С).

По принципу действия устройство для реализации разрабатываемой технологии (рисунок) является аппаратом смесительного (контактного) типа, в котором нагрев воды осуществляется при её непосредственном соприкосновении с низкотемпературными отходящими дымовыми газами, в результате чего часть водяных паров, образованных при сжигании углеводородного топлива, будет сконденсирована [1]. Для интенсификации теплообмена предлагается использовать специальные насадки – кольца Рашига, позволяющие в сравнительно небольших объемах добиться значительных поверхностей теплообмена.